

Kurzstudie | August 2021

Bioökonomie für die Region Stuttgart

Kurzstudie für die Wirtschaftsförderung
Region Stuttgart GmbH

Dr. Manuel Bickel

Dr. Justus von Geibler



Wirtschaftsförderung
Region Stuttgart



Wuppertal
Institut

Das dieser Kurzstudie zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde im Auftrag der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Die Autoren bedanken sich bei der Universität Hohenheim sowie der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH für die wertvollen Hinweise, die im Rahmen von Vorgesprächen gegeben wurden.

Bitte die Studie folgendermaßen zitieren:

Bickel, M., & Geibler, J. v. (2021). Bioökonomie für die Region Stuttgart: Kurzstudie für die Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH. Wuppertal Institut.

Durchführungszeitraum der Studie: Juli 2021

Projektkoordination:

Dr. Manuel Bickel

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren
Forschungsbereich Produkt- und Konsumsysteme
Döppersberg 19, 42103 Wuppertal
manuel.bickel@wupperinst.org

Autoren:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH:

Dr. Manuel Bickel

Dr. Justus von Geibler

unter Mitwirkung von Felix Buchborn

Impressum

Herausgeber:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Ansprechperson:

Dr. Manuel Bickel
Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren
manuel.bickel@wupperinst.org
Tel. +49 202 2492-190
Fax +49 202 2492-108

Stand:

August 2021

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

1	Hintergrund, Ziele & Methodik	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Ziele und Gegenstand der Recherche	1
1.3	Methodik	1
2	Bioökonomie - Begriffsklärung	2
2.1	Definitionsansätze und Diskurslinien	2
2.2	Definition für die WRS Stuttgart	4
2.3	Bioökonomisierungsgrad	4
3	Marktpotenziale	6
4	Innovationsansätze: Biomimikry & Biointelligenz	9
4.1	Biomimikry	9
4.2	Biointelligenz	9
5	Landesstrategien Baden-Württemberg mit Blick auf Bioökonomie: Anknüpfungspunkte zu Strategieschwerpunkten	12
5.1	Nachhaltige Bioökonomie	12
5.2	Ressourceneffizienz	13
5.3	Innovation	13
5.4	Digitalisierung	13
6	Akteurslandschaft in Baden-Württemberg	15
6.1	Forschung und Entwicklung	15
6.2	Transfer und Netzwerke	15
6.3	Wirtschaftliche Akteure	16
7	Weiterführende Fragen für den Dialog der WRS	18
8	Anhang	19
8.1	Überblick zu den Schlüsseldokumenten	19
8.2	Erweitertes Literaturverzeichnis	24

Zusammenfassung

Die Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH (WRS) unterstützt die Transformation der Region Stuttgart in Richtung Nachhaltigkeit und sieht die Bioökonomie als eine wichtige Strategie zu diesem Zweck. Die WRS hat das Wuppertal Institut mit dieser Kurzstudie mit dem Fokus auf die industrielle Bioökonomie beauftragt, um eine Informationsgrundlage für die Spezifikation weiterer Aktivitäten der WRS im Kontext der Bioökonomie zu schaffen.

Die Studie gibt einen Überblick über **definitorische Ansätze und Diskurslinien der Bioökonomie**. Sie fasst Einschätzungen des deutschen Bioökonomierates zu **Marktpotenzialen** der Bioökonomie in verschiedenen Branchen zusammen, die u.a. für Automobil, Biotechnologie und IKT als gut eingeschätzt werden. Anschließend umreißt die Studie die **Innovationsansätze Biomimikry und Biointelligenz**. Für den Ansatz Biointelligenz zur biologischen Transformation der industriellen Wertschöpfung werden die in Studien von Dritten identifizierten Marktpotenziale der Biointelligenz zusammengefasst, u.a. in den Bereichen Unterstützungssysteme, Produktionssysteme/-technologien und Baumaterialien. Darüber hinaus stellt die Studie **Schnittstellen relevanter Landesstrategien in Baden-Württemberg zu Bioökonomiethemen** dar, die synergetisch genutzt werden könnten. Ergänzend gibt die Studie einen Überblick über die **Akteurslandschaft** in Baden-Württemberg. Der Überblick basiert insbesondere auf dem Bioökonomie Kompetenzatlas wissenschaftlicher Akteure, der von der Landeskoordinierungsstelle an der Universität Hohenheim herausgegeben wird, sowie einer Akteursanalyse aus dem Projekt „Bioökonomie in Baden-Württemberg“, das am KIT durch das ITAS durchgeführt wurde und durch die BIOPRO Baden-Württemberg GmbH unterstützt wurde. Auf Basis dieser Informationssammlung entwirft die Studie **weiterführende Fragen** in Bezug auf mögliche weitere Aktivitäten der WRS im Kontext der Bioökonomie, u.a. die mögliche Nutzung von Innovationsansätzen aus dem Bereich der Living Lab und Reallaborforschung.

1 Hintergrund, Ziele & Methodik

1.1 Hintergrund

Die **Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH (WRS)** unterstützt die **Transformation der Region Stuttgart in Richtung Nachhaltigkeit**. Die Region Stuttgart „umfasst neben der Landeshauptstadt die fünf umliegenden Landkreise Böblingen, Esslingen, Göppingen, Ludwigsburg und Rems-Murr“¹. Die Förderung der Bioökonomie wurde seitens WRS als eine wichtige Strategie zur Förderung der regionalen Nachhaltigkeit identifiziert. Die WRS hat das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (WI) beauftragt Ihre Aktivitäten zu unterstützen und eine Kurzstudie im Bereich Bioökonomie zu erstellen.

1.2 Ziele und Gegenstand der Recherche

Die Kurzstudie soll eine Informationsgrundlage für die weiteren Aktivitäten der WRS im Kontext der Bioökonomie schaffen. Sie dient insbesondere zur Spezifikation der weiteren Interaktion mit Stakeholdern und Vorbereitung eines Dialogforums sowie der Identifikation möglicher Themen für Umsetzungsprojekte.

Die Studie stellt eine literaturbasierte **Ist- und Trendanalyse** im Bereich der **industriellen Bioökonomie** zur Identifikation möglicher Anknüpfungspunkte für die WRS dar. Sie stellt Kernbotschaften relevanter **Schlüsselstudien und -dokumente** dar und ist im Sinne einer **Kurzstudie** nicht als vertiefte oder erschöpfende Analyse zu betrachten. Die verwendeten sowie weitere **Schlüsselstudien sind im Anhang** aufgelistet und können Interessierten als Ansatzpunkte zur vertieften Lektüre dienen.

Inhaltlich beginnt die Studie mit einem Überblick über definitorische Ansätze und Diskurslinien der Bioökonomie und fokussiert anschließend auf folgende Aspekte:

- Innovative **Ansätze Biomimikry & Biointelligenz**
- **Marktpotenziale** und Herausforderungen
- **Politische Strategien und Akteurslandschaft** in Baden-Württemberg
- **Weiterführende Fragen** für den Dialog in der Region Stuttgart

1.3 Methodik

Die Kurzstudie basiert auf Sekundärforschung, insbesondere einer Dokumentenanalyse zur Identifizierung und Analyse einschlägiger Schlüsselstudien mittels **Literatur- und Internetrecherche**. Die Aktualität der Veröffentlichungen, der Grad der Institutionalisierung, die Wissenschaftlichkeit, (internationale) Bedeutsamkeit, Interdisziplinarität und Relevanz für das Vorhaben galten hierbei als Kriterien für die Auswahl der untersuchten Studien.

Initiale Anhaltspunkte für die Recherche sowie ergänzende Impulse ergaben sich zudem aus Vorgesprächen mit dem Forschungszentrum für Bioökonomie der Universität Hohenheim sowie der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH.

¹ <https://wrs.region-stuttgart.de/>

2 Bioökonomie - Begriffsklärung

2.1 Definitionsansätze und Diskurslinien

Angesichts der globalen und regionalen Nachhaltigkeitsprobleme unserer Zeit und der sich daraus ergebenden notwendigen „Großen Transformation“ hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft (WBGU, 2011), die innerhalb der planetaren Grenzen (Steffen et al, 2015) operiert, ist die Bioökonomie eine wichtige Strategie zur Zielerreichung. Sie setzt darauf fossile Rohstoffe durch biobasierte Rohstoffe zu ersetzen, um dem Klimawandel entgegen zu wirken. Darüber hinaus zielt sie darauf ab Gestaltungsprinzipien, die die Natur über Jahrmillionen entwickelt und optimiert hat, nutzbringend für die Transformation einzusetzen. Für eine erfolgreiche Umsetzung der Bioökonomie ist die Kooperation von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft essentiell. Zudem sind sowohl produktionsseitige Maßnahmen als auch konsumseitige Maßnahmen notwendig, die organisch ineinandergreifen müssen.

Heute bestehen weltweit zahlreiche (supra)nationale sowie regionale Bioökonomiestrategien, die sich einerseits in ihrer Schwerpunktsetzung und Zielvorstellung als auch Ausarbeitungstiefe und definitorischen Verständnis unterscheiden (Bioökonomierat, 2016). Im Folgenden wird kurz auf einige mit dieser **definitorischen Pluralität** verbundener Herausforderungen eingegangen und ein Überblick über verschiedene definitorische Ansätze gegeben.

Generell kann festgehalten werden, dass es keinen einheitlichen Ausgangspunkt wie auch **keine allgemeingültige Definition „der Bioökonomie“** gibt, sondern mit einer Pluralität umgegangen werden muss. Das Ausbleiben eines gemeinsamen Verständnisses erschwert wissenschaftliche sowie ökonomische Vergleichbarkeit und Monitoring sowohl innerhalb von Deutschland, als auch auf EU und internationaler Ebene. Durch die unterschiedlichen definitorischen Ansätze ist beispielsweise eine deckungsgleiche sektorale Zuordnung der beteiligten Wirtschaftsfelder nicht möglich, wodurch sich vergleichbare Aussagen über Anteile bio-basierter Produktionen bisher nur erschwert tätigen lassen (Wackernagel, 2020).

In einer Analyse mehrerer wissenschaftlicher Studien und der Untersuchung zahlreicher Bioökonomiestrategien haben Meyer & Priefer (2018) folgende **Definitionsmerkmale** herausgestellt:

- **Technologieorientierung:** Fokus auf Innovationen im Bereich Biowissenschaften und Biotechnologie
- **Ressourcenorientierung:** Fokus auf Produktion von Biomasse und biobasierte Produkte, bio-basierte Wirtschaft
- **Wirtschaftssektorenorientierung:** Fokus auf produzierende Sektoren sowie nachgelagerte Dienstleistungsbereiche
- **Zielorientierung:** Fokus auf normative Ziele wie Zukunftsfähigkeit und Nachhaltigkeit.

Es existieren zahlreiche wissenschaftliche Studien, die Diskurse und Definitionen rund um den Begriff Bioökonomie analysieren (Kiresiewa et al., 2019; Meyer & Priefer, 2018; Bugge et al. 2016). In Tabelle 1 wird eine Darstellung nach Bugge et. al. wiedergegeben, die einen Überblick über drei idealtypische **Visionen bzw.**

Zielrichtungen der Bioökonomie gibt, welcher bei der Verortung von Maßnahmen und Akteuren Orientierung geben kann.

Da die Bioökonomie sowohl **Chancen als auch Risiken** birgt, werden die unterschiedlichen Zielrichtungen verstärkt durch bestimmte **Stakeholdergruppen** vertreten. Neben Chancen der Bioökonomie wie u.a. sichere Welternährung, die Substitution fossiler Rohstoffe, Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit, Arbeitsplätze, Treiber für grünes Wachstum ergeben sich auch gewisse Risiken. So kann es bei erhöhter Nachfrage nach Biomasse zu Konflikten um Land und Landnutzung, zu einer fortschreitenden Ökonomisierung der Natur und stärkeren Einsatz von Gentechnik kommen (Thrän, 2020). In diesem Kontext, kann davon ausgegangen werden, dass tendenziell technologieorientierte Visionen stärker von ökonomisch orientierten staatlichen sowie unternehmerischen Stakeholdern befürwortet werden. Bioökologisch orientierte Visionen hingegen werden tendenziell durch Stakeholder wie betroffene Sektoren und Verbände sowie umweltorientierte staatliche Akteur*innen mit übergeordneter interdisziplinärer Perspektive befürwortet, die eine Abwägung von Chancen und Risiken berücksichtigt. Die dritte Gruppe von Stakeholdern, Umwelt- und Naturschutzverbände oder entwicklungspolitische Vereine und Gruppen, steht dem Thema Bioökonomie tendenziell eher kritisch gegenüber.

Vision:	Biotechnologie	Bioressourcen	Bioökologie
Ziele und Aufgaben	Wirtschaftswachstum sowie Schaffung von Arbeitsplätzen	Wirtschaftliches Wachstum & Nachhaltigkeit	Nachhaltigkeit, Biodiversität, Erhaltung von Ökosystemen, Vermeidung von Bodendegradation
Wertschöpfung	Anwendung der Biotechnologie, Kommerzialisierung von Forschung und Technologie	Konversion und Veredelung von Bioressourcen (prozessorientiert)	Entwicklung von integrierten Produktionssystemen und hochwertigen Produkten mit territorialer Identität
Treiber & Vermittler von Innovationen	F&E, Patente, TTOs, Forschungskonsortien und Förderer (Science push, lineares Modell)	Interdisziplinär, Optimierung der Landnutzung, Einbeziehung degradierter Flächen in die Produktion von Biokraftstoffen, Nutzung und Verfügbarkeit von Bioressourcen, Abfallmanagement, Technik, Wissenschaft & Markt (Interaktive und vernetzte Produktionsweise)	Identifikation von günstigen agrarökologischen Praktiken, Ethik, Risiko, transdisziplinäre Nachhaltigkeit, ökologische Wechselwirkungen, Wiederverwendung & Recycling von Abfällen, Landnutzung, (Kreislaufwirtschaft und autarke Produktionsweise)

Räumlicher Fokus	Globale Cluster/zentrale Regionen	Ländliche/periphere Regionen	Ländliche/periphere Regionen
------------------	-----------------------------------	------------------------------	------------------------------

Tab. 1: Wesentliche Merkmale von drei Bioökonomie-Visionen. Quelle: eigene Übersetzung nach Bugge et al. 2016

2.2 Definition für die WRS Stuttgart

Für die **Region Stuttgart** wird vorgeschlagen sich an der **Definition** der Bioökonomie gemäß der **Landesstrategie** für Baden-Württemberg zu orientieren:

„In Anlehnung an die Definition des Bioökonomierates der Bundesregierung zur Bioökonomie wird darunter eine Wirtschaftsweise verstanden, die durch die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Prinzipien Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitstellt.“ (MLR & UM Baden-Württemberg, 2019).

Damit folgt die Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie einer Definition im weiteren Sinne: Die technologie-orientierte Definition wird im Sinne der Lebenswissenschaften als Fokus der Biotechnologie durchaus benannt, doch stehen darüber hinaus die ressourcen- und wirtschaftsorientierten Ansätze mit Betonung der Produktion und nachgelagerten weiterverarbeitenden Strukturen von Biomasse im Vordergrund. Da Bioökonomie per se nicht nachhaltig ist und es auf die Form der Umsetzung ankommt, macht die Strategie klar, dass es um eine **nachhaltige, zukunftsfähige Transformation hin zu einer bio-basierten Wirtschaft** geht, die **kreislaufforientiert und ressourceneffizient** aufgestellt sein muss. Entscheidend ist hier zudem der Zusatz **„wissensbasiert“**, der einen starken Fokus auf die Wissenschaft, Forschung und technischen Wandel sowie den Informationsaustausch mit Blick auf Innovationen setzt.

2.3 Bioökonomisierungsgrad

Aus oben beschriebener definitorischer Pluralität wird klar, dass eine eindeutige Bezifferung des Bioökonomisierungsgrades der Wirtschaft nicht trivial ist. Eine mögliche grobe, keinesfalls statische Abstufung von „Biomasse und Bioökonomie nutzen“ bis hin zu **„Bioökonomie anbieten und holistisch integrieren“** kann wie unten dargestellt erfolgen. Grundsätzlich ist ein **steigender Bioökonomisierungsgrad** mit mehr **Komplexität und Herausforderungen** sowie einer aktiveren Rolle im Markt verbunden. Aspekte einer Einstufung können z.B. folgende sein:

1. energetische Nutzung biogener Abfälle und Biomasse
2. Ersatz fossilbasierter durch biobasierte Materialien/Chemikalien
3. (Weiter-)Entwicklung von Biotechnologien (Bioverfahrenstechnik, etc.) u.a. zur Optimierung der Eigenschaften von Biomasse oder der optimierten Nutzung ihrer (molekularen) Inhaltsstoffe
4. Etablierung regionaler Informations- und Prozessketten
5. Übertragung biologischer Prinzipien auf Produkte und Dienstleistungen (Biomimikry)

6. Etablierung biointelligenter Organisationsstrukturen / organisatorische Bioökonomisierung

In Bezug auf **Deutschland** nimmt die vorliegende Kurzstudie keinen fundierten Versuch einer Einordnung, stellt aber fest, dass aktuell die **Inlandsverwendung von Biomasse hauptsächlich energetisch und als Futtermittel** stattfindet (Thünen Institut, 2021). Die Landwirtschaft ist hierbei maßgeblich beteiligt an der Inlandsproduktion. Gleichzeitig herrscht hohe Akzeptanz der Bevölkerung für das Konzept Bioökonomie, wenngleich hier verschiedene Ausprägungen existieren (BEPASO/Thünen Institut, 2020). Neue **Förderinitiativen z.B. des Wirtschaftsministeriums zur industriellen Bioökonomie** (BMWi, 2020) weisen zudem auf Aktivitäten in fortgeschrittenen Feldern hin. Nach obigem Schema wird danach insbesondere Punkt 1 (die energetische Nutzung biogener Abfälle und Biomasse) genutzt und in unterschiedlicher starker Ausprägung auch die Punkte 2 und 3.

3 Marktpotenziale

Eine Schlüsselrolle für die Bioökonomisierung der Wirtschaft spielen Unternehmen. Der Einstieg in die Bioökonomie ist für sie jedoch kein Selbstläufer und auf **Deutschland** bezogen kann bisher nur ein **mäßiges Wachstum** der Bioökonomie bilanziert werden (Bringezu et al., 2020). Ansätze zur Bioökonomisierung müssen zu den **Innovationsstrategien von Unternehmen** passen, da sich ohne sinnvolle Anknüpfungspunkte zu hohe Hürden für die strategische Integration entsprechender Themen ergeben.

Zudem gilt es zu beachten, dass jede **Hochskalierungsstufe** von Forschungsanlage bis zur kommerziellen Großanlage unterschiedliche ökonomische, technische und organisatorische **Herausforderungen** hat, die vorausschauend in der Entscheidungsfindung abgewogen werden sollten (vorige Aussagen insb. auf Basis eines Gesprächs mit BIOPRO, 2021).

Neben dieser klassisch unternehmerisch ausgerichteten Perspektive bieten sich jedoch zukünftig durch integrativ kooperative Ansätze neue Möglichkeiten. Beispielsweise könnte eine Bioökonomisierung durch **Integration von Gesellschaft und Industrie** über Visionen wie „**biobasierte urbane Räume und Städte**“ Erfolg haben, wie sie zum Beispiel der Bioökonomierat illustriert. Ansatzpunkte werden hier unter anderem in den Bereichen „Bauen und Wohnen“, „Urbane Landwirtschaft“, „Energieversorgung“, „Abfallmanagement“ oder „öffentliche Förderung“ gesehen (Bioökonomierat, 2017).

Neben der Untersuchung visionärer Ansätze hat sich der **deutsche Bioökonomierat** auch konkret mit **Marktpotenzialen** für verschiedene in Deutschland ansässige Branchen beschäftigt. Im Folgenden werden für den Kontext dieser Studie relevante Erkenntnisse aus dem entsprechenden Hintergrundpapier zusammenfassend zitiert (Bioökonomierat, Zinke et al., 2016), aus denen sich, die Passfähigkeit zu aktuellen unternehmerischen Strategien vorausgesetzt, für mehrere in der Wirtschaftsregion Stuttgart ansässige Sektoren grundsätzlich Ansatzpunkte zur (weiteren) Bioökonomisierung entwickeln ließen:

- „**Automobil:** potenzieller Markt groß, da höherer Anteil biobasierter Produkte bei den großen Mengen des Kunststoff-/Schmiermitteleinsatzes große Effekte hätte“
- „**Biotechnologie:** potenzieller Markt mit großem Potenzial, Bioökonomie (inkl. Medizin) ist Kerngeschäft“
- „**IKT:** potenzieller Markt eher groß, Marktwachstum im Bereich Bioinformatik erwartet, aber hohe Unsicherheiten bzgl. Bedeutung von Big-Data“
- „**Chemie:** potenzieller Markt groß, Innovation zu erwarten bei Fein-/Spezialchemie“
- „**Anlagenbau/Prozesstechnik:** potenzieller Markt mittel, v.a. im Inland bei Großanlagen eher begrenzt“
- „**Energie:** potenzieller Markt eher groß, Zuwachspotenziale unter gegebenen Bedingungen begrenzt“

- „**Bau:** potenzieller Markt mittel, da höherer Anteil biobasierter Produkte bei den Produktgruppen Kunststoffe und Spezialchemikalien eher große Effekte hätte”
- „**Pharma:** potenzieller Markt mittel bis groß (eher kleinerer Sektor), da Biologisierung vorangeschritten”

Der Bioökonomierat hat den Bioökonomisierungsgrad oben genannter Branchen bzw. Sektoren anhand von Beispielen detailliert dargestellt. Aufgrund der Relevanz der **Automobilbranche** für die WRS werden daher im folgenden beispielhaft **aktuelle Anwendungsbeispiele** in dieser Branche aufgelistet, die der Rat beobachtet hat (Bioökonomierat, Zinke et al., 2016):

- „Biobasierte Materialien für Effizienzsteigerung aufgrund vorteilhafter technischer Eigenschaften
- umweltfreundlichere Produktion durch Verwendung von biobasierten Schmierstoffen und Lacken
- „grünes Image” im **Premiumbereich** durch Verwendung biobasierter Materialien
- Bionik für Fahrerassistenz- und Kommunikationssystemen (Algorithmen) oder für Effizienzsteigerung (Design, Funktion)”

In Bezug auf **Baden-Württemberg** wurden bezüglich der Potenziale insbesondere die Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen gemäß des Landesforschungsprogrammes von **Akteuren unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen diskutiert**. Dies geschah unter anderem in einem Projektworkshop des ITAS am KIT, der auch Teil des mit der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH organisierten „**Beteiligungsworkshop Bioökonomie**“ war. Gemäß der zugehörigen Studie von Meyer & Priefer, 2018 (KIT), werden im Folgenden zentrale **Einschätzungen** der Workshopteilnehmenden für Baden-Württemberg wiedergegeben:

- „Vision einer **vollständigen Substitution** fossiler durch nachwachsende Rohstoffe zumindest beim derzeitigen Verbrauch fossiler Rohstoffe [...] **unrealistisch** [aufgrund] Nutzungskonkurrenzen mit der Nahrungsmittelproduktion”
- **Hauptquelle** für Biomassen wird weiterhin die **Land- und Forstwirtschaft** sein
- „Potenzial **biogener Rohstoffe** [sollte] für **hochwertige Wertschöpfungsketten** eingesetzt werden”
- „Technische Zielsetzungen [...] sollten durch weitere Elemente, wie beispielsweise **nachhaltigere Konsummuster und soziale Innovationen** ergänzt werden”
- „neben einer engen Kooperation zwischen Wissenschaft, Unternehmen und Politik [sind] auch **zivilgesellschaftliche Organisationen und Bürger** an der Ausgestaltung der Bioökonomie zu beteiligen”

- „**unterschiedliche Nutzungspfade** und Wertschöpfungsketten **parallel [...] verfolgen**, da technologische Durchbrüche und zukünftige Wirtschaftlichkeit noch nicht absehbar”
- aufgrund politischer Unsicherheiten besteht **Unklarheit** bezüglich Ausbau oder Modernisierung des landwirtschaftlichen **Biogasanlagenbestandes**
- „beim Nutzungspfad **Lignozellulose** werden Chancen insbesondere für innovative **hochwertige bio-basierte Produkte** erwartet, die [...] aber nur ein begrenztes Marktvolumen haben”
- „bei **Mikroalgen** für die Nahrungsmittelproduktion zukünftige Potentiale vor allem bei innovativen Nutzungen wie speziellen **Nahrungsergänzungsmitteln**”.

4 Innovationsansätze: Biomimikry & Biointelligenz

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Konzepte Biomimikry und Biointelligenz als Innovationsansätze, während das vorangehende Kapitel den Fokus auf Innovationsansätze im Rahmen klassischer Technologieentwicklung legt. Die beiden Konzepte zielen darauf ab die **Natur im Sinne eines Innovationsinkubators als Vorbild** zu nutzen und diese Nachzuahmen. Die Integration und Übertragung evolutionär perfektionierter, biologischer Prinzipien in Produkte bzw. Organisationsformen findet seit Jahrhunderten in verschiedensten Disziplinen konkrete Anwendung. Vor dem Hintergrund drängender Nachhaltigkeitsprobleme bieten derartige Ansätze aktuell sehr hohes Innovationspotential, das sowohl wirtschaftlich als auch gesellschaftlich zu einer Nachhaltigkeitstransformation beitragen kann. Gleichwohl sind diese Ansätze mit höheren Risiken in Bezug auf kurzfristigen Erfolg beziehungsweise größeren strukturellen Änderungen verbunden.

4.1 Biomimikry

Das Konzept **Biomimikry** wurde maßgeblich durch die US-amerikanischen Biologin Janine Benyus Ende der 90er Jahre geprägt. Hierbei wird die Erkenntnis zugrunde gelegt, dass die Natur hervorragend angepasste Lösungen gefunden hat, die sich im Laufe von Milliarden Jahren entwickelt und bewährt haben. Durch Analyse biologischer Systeme und Modelle können die zu Grunde liegenden Prinzipien abstrahiert und als **Konstruktionsprinzipien oder Funktionsprinzipien** nachgeahmt werden (Biomimicry.org, o.J.). Beispiele sind der Lotus-Effekt von Oberflächen oder Optimierungsalgorithmen auf Basis des Verhaltens von Bienen. Weitere Beispiele sind u.a. hier zu finden: *biomimicry.org*, *asknature.org*, *www.uakron.edu/bric*. Dabei können nicht nur technologische Einzellösungen, sondern nachhaltige dynamisch-dezentrale Produktions- und Dienstleistungssysteme entstehen (Biomimicry.org, 2021; Biomimicry.net, 2021; Benyus, 1997). Das Konzept bietet vor allem eine **Designstrategie für Gestaltungsprozesse**, die als **Inspiration** dienen können (Biomimicry.org, o.J.), den „innovativen Moment“ müssen Gestaltende allerdings selbst kreieren (Mathews, 2011; Dicks, 2016).

4.2 Biointelligenz

Das Konzept der **Biointelligenz**² zielt auf eine **biologische Transformation der industriellen Wertschöpfung**. Es wird momentan in einem Kompetenzzentrum aus den Universitäten Stuttgart und Hohenheim sowie des NMI in Reutlingen und der Fraunhofer-Institute IPA, IGB, IAO, IBP in Stuttgart beforscht. Im Vergleich zum Konzept Biomimikry ist es strategischer angelegt und berücksichtigt explizit Rahmenbedingungen sowie Informationsprozesse. Dieses umfangreiche Rahmenkonzept schlägt einen Integrationsprozess für diese Biologisierung vor, der von einer Bioinspiration technischer Prozesse übergeht in die Integration technischer und biologischer Prozesse und schließlich eine biointelligente Wertschöpfung „durch **Interaktion biologischer, technischer und informatorischer Prozesse**“ ermöglicht (Bauernhansl et al., 2019). Biointelligente Produkt-/Dienstleistungssysteme setzen auf kreislauforientierte Wertschöpfung mit (soweit

² Weitere Informationen und Kurzartikel mit Anwendungsbeispielen unter: biointelligenz.de

möglich) lokal verfügbaren biobasierten Rohstoffen und Materialien. Das Ergebnis können intelligente, dezentral organisierte Bioproduktionszellen, sogenannte Smart Biomanufacturing Devices sein.

Im BMBF-geförderten Projekt **BIOTRAIN** der Fraunhofer Institute IGB, IPA, IML, IWM, IPT und IWU wurde eine „Voruntersuchung zur biologischen Transformation der industriellen Wertschöpfung“ mit Fokus auf Deutschland durchgeführt (Bauernhansl et al., 2019). Eine grundsätzliche Botschaft der Studie ist, dass die Basistechnologien für eine derartige Transformation vielversprechend sind, allerdings in vielen Fällen noch nicht marktreif. Im Folgenden werden die Punkte zitiert, die auf Basis einer SWOT Analyse als **Chancen der Biointelligenz** gesehen werden (Bauernhansl et al., 2019):

- „Erhalt des Industriestandortes Deutschland
- Neue/neuartige Arbeitsplätze und -bedingungen
- Regionalisierung und Ressourceneffizienz
- Bioinspirierte Unternehmensstrukturen und Zellularität der Wertschöpfung
- Standardisierung als Werkzeug für größere Akzeptanz und Sicherheit
- Prozessanpassungsfähigkeit und Robustheit
- Entwicklung digitaler Systeme und Geschäftsmodelle“

Das Projekt BIOTRAIN analysierte zudem **Technologieattraktivität und -reifegrad** konkreter Anwendungen. Im Folgenden werden die Einordnung der tendenziell kurzfristig verfügbaren Technologien gemäß der Studie wiedergegeben (Bauernhansl et al., 2019):

- „Transferforschung erforderlich
 - Adaptive Bioreaktoren und Bioraffinerien / Predictive Analytics
 - Mikrobielle Brennstoff- und Elektrolysezellen
 - Biobasierte Plattformchemikalien
 - Muster- u. Emotionserkennungs Hardware u. Software
 - Maßgeschneiderte Naturstoffe und -materialien
 - Bioabbaubare Polymere
 - Brain Machine Interface / Lernende Algorithmen
 - Distributed-Ledger (Blockchain)
- Märkte entscheiden
 - Genome Editing / CRISPR / Cas
 - Synthetische, biotechnische Lebensmittelproduktion“

In 2021 veröffentlichte zudem die BIOPRO Baden-Württemberg GmbH mit dem Fraunhofer ISI eine Studie aus dem Projekt **„Potenzialanalyse und Roadmapping Biointelligenz für Baden-Württemberg“**, die dezidiert auf die Landesebene eingeht. Im Rahmen der Studie wurden mehrere Workshops durchgeführt, um die folgenden Anwendungsfelder zu erschließen (BIOPRO, Fraunhofer ISI, 2021):

- „`Aktive und aktivierende **Unterstützungssysteme**‘ für das Wertschöpfungssystem Gesundheitsindustrie,
 - Mensch-Technik-Interaktion
 - Personalisierung und Prävention
 - Produktionsoptimierung

- Digitale vernetzte Behandlung
- `Biointelligente **Produktionssysteme/-technologien** für Ernährung und Gesundheit` für das Wertschöpfungssystem Produktionstechnologien/-systeme
 - Dezentralisierung und Flexibilisierung der Produktion
 - Mensch-Maschine-Kollaboration
 - Maschinen-, Bauteil-, Produktoptimierung
 - Systeminnovation mit vernetzter Bioproduktion
- `Biointelligente **Baumaterialien** und Werkstoffe für Konsumgüter` für das Wertschöpfungssystem Materialien
 - Leichtbaumaterialien
 - biobasierten Materialien, insbesondere in einer zirkulären Kreislaufwirtschaft
 - funktionale Textilien “

Für die entsprechenden Technologien wurden **kurz-, mittel- als auch langfristige Marktpotenziale** gesehen. Aufgrund des für die Biointelligenz nötigen komplexen Zusammenspiels mehrerer Elemente, bestehen **Herausforderungen** zur Hebung der Potenziale darin,

- die nötigen Kompetenzen konzentriert und effektiv zusammenzubringen,
- Innovationssysteme (weiter) zu entwickeln und
- die nötigen regulativen Rahmenbedingungen zu schaffen.

Daher spricht sich die Studie für einen koordinierten gestaffelten Ansatz zur weiteren Förderung der Biointelligenz aus (BIOPRO, Fraunhofer ISI, 2021).

5 Landesstrategien Baden-Württemberg mit Blick auf Bioökonomie: Anknüpfungspunkte zu Strategieschwerpunkten

Bioökonomiestrategien existieren bereits auf europäischer und nationaler Ebene als auch auf Landesebene. Die Strategie „nachhaltige Bioökonomie“ des Landes Baden-Württemberg zählt auf die **nationale Bioökonomiestrategie** ein, die folgende **Hauptziele** verfolgt (BMBF & BMEL, 2020):

1. „Bioökonomische Lösungen für die Nachhaltigkeitsagenda entwickeln
2. Potenziale der Bioökonomie innerhalb ökologischer Grenzen erkennen und erschließen
3. Biologisches Wissen erweitern und anwenden
4. Ressourcenbasis der Wirtschaft nachhaltig ausrichten
5. Deutschland zum führenden Innovationsstandort der Bioökonomie ausbauen
6. Gesellschaft einbinden, nationale und internationale Kooperationen intensivieren“.

Für diese Studie wurde ein Screening ausgewählter **Landesstrategien Baden-Württembergs** durchgeführt, um einen Überblick über relevante Eckpunkte zu gewinnen und insbesondere Querbezüge in Bezug auf die Bioökonomie zu identifizieren, die als Anknüpfungspunkte für weitere Aktivitäten genutzt werden könnten. Folgende Strategien wurden berücksichtigt: Nachhaltige Bioökonomie (MLR & UM Baden-Württemberg, 2019), Ressourceneffizienzstrategie (UM Baden-Württemberg, 2016), Innovationsstrategie (WM Baden-Württemberg, Fortschreibung 2020), Digitalisierungsstrategie (IM Baden-Württemberg, 2017). Es lässt sich feststellen, dass alle Strategiekonzepte auf ein Leitbild einer **Transformation in Richtung Nachhaltigkeit** setzen. In den meisten von ihnen spielt Bioökonomie eine wichtige Rolle. Die Kernbotschaft dieser Erkenntnis ist, dass ein Großteil der **Ministerien in Baden-Württemberg offen für das Thema Bioökonomie** sind beziehungsweise es bereits aktiv vorantreiben.

5.1 Nachhaltige Bioökonomie

In der **Landesstrategie nachhaltige Bioökonomie** wird der Bioökonomie das Potenzial zugesprochen, eine maßgebliche Rolle in der wirtschaftlichen Entwicklung einzunehmen, um zum „klimaneutralen Fundament“ einer biobasierten, nachhaltigen und kreislauforientierten Wirtschaftsform beizutragen (MLR & UM Baden-Württemberg, 2019). Die federführenden Herausgeber sind hier das **Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz** mit dem Fokus auf biobasierte Rohstoffe und das **Umweltministerium** mit Fokus auf urbanen Raum und Industrieprozesse, die die entsprechenden Fördertöpfe unter sich aufteilen. In Bezug auf die Aktivitäten der WRS bieten insbesondere die folgenden Handlungsfelder der Strategie Anknüpfungspunkte:

- „3. Nachhaltige Bioökonomie in industriellen und urbanen Räumen“
- „4.Vernetzung zwischen Räumen, Akteuren und Clustern“
- „6. Information und Dialog zur nachhaltigen Bioökonomie“.

Gemäß der Strategie hat das konkretisierende thematische Handlungsfeld 3 hat folgendes Ziel: „Unterstützung der Entwicklung und Verbreitung zweckbestimmter biologischer Innovationen (dedicated innovations) in den Bereichen Rohstoffen,

Verfahren, Produkte und Dienstleistungen für eine nachhaltige Entwicklung von Wirtschaft, Kommunen und Unternehmen.“ In diesem Zusammenhang sind in der Strategie folgende Maßnahmen vorgesehen, die bereits aktiv verfolgt werden:

- „Pilot-/ Demonstrationsanlagen “Bio-Fabrik” (M 18)”³
- „Technologien zur Gewinnung anorganischer Stoffe (M 19)”⁴
- „Bio-CO₂-Recycling (M 20)”⁵
- „Kunststoffe in Verpackungsbereichen (M 21)”
- „Entwicklung von Recyclingwegen für Biokunststoffe (M 22)”

5.2 Ressourceneffizienz

Querbezüge zur Bioökonomie in der **Ressourceneffizienzstrategie** betreffen insbesondere biogene Rohstoffe und Materialien, die als Alternativen eingesetzt werden können, sowie in Bezug auf die Nutzung innovativer biogener Prozesse zur Reduktion von Material- und Energiebedarf (z.B. auch durch Rückgewinnung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe mittels biologischer Verfahren) (UM Baden-Württemberg, 2016).

5.3 Innovation

Die **Innovationsstrategie** weist neben anderen Feldern die „nachhaltige Bioökonomie“ und die „Biologisierung der Wirtschaft“ als Zukunfts- und Wachstumsfeld aus und stellt damit direkt Querbezüge mit explizitem Bezug zur **Biointelligenz** her, die Potenzial für „Sprunginnovationen“ bietet. Zu erwähnen ist in diesem Konzept auch die Einrichtung des ressortübergreifendem Innovationslabors „InnoLab_bw“, das am Staatsministerium angesiedelt ist, um globale Innovationstrends zu beobachten und sie mit Akteuren vor Ort zu vernetzen und so themenübergreifende Integration und Innovation zu fördern. Für die Innovationsstrategie bildet die **Bioökonomie eines der zentralen Zukunfts- und Wachstumsfelder**. So heißt es konkret: „Neue Produktionssysteme und Konversionsverfahren für Biomasse, Innovationen entlang der Wertschöpfungskette wie auch biotechnologisch oder mit Hilfe von Mikroorganismen hergestellte Fein- und Spezialchemikalien sollen zu tragenden Säulen einer nachhaltigen Wirtschaft werden. Ein besonderer Fokus liegt auf der Kreislaufführung von Nähr- und Rohstoffen, der hochwertigen Nutzung von Nebenprodukten, Reststoffen, Abfällen, Abwässern und CO₂ als Ressource (WM Baden-Württemberg, 2020)“.

5.4 Digitalisierung

Den geringsten direkten Bezug zur Bioökonomie hat die aktuelle Version der **Digitalisierungsstrategie** (IM Baden-Württemberg, 2017), wobei durch den Querschnittscharakter der Digitalisierung selbstverständlich relevante Akteure und Basistechnologien für die Bioökonomie trotzdem angesprochen sind. Eines ihrer Schwerpunktthemen sind „digitale Gesundheitsanwendungen“, die je nach Anwendungsfall einen indirekten Bezug zur Bioökonomie haben können. Ein weiteres

³ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/wirtschaft/biooekonomie/foerderprogramm-biooekonomie/>

⁴ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/wirtschaft/biooekonomie/biomining/>

⁵ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/wirtschaft/biooekonomie/co2-recycling/>

Schwerpunktthema ist die „intelligente Mobilität der Zukunft“, wobei hier der Fokus auf Effizienzsteigerungen in Herstellungsprozessen durch Digitalisierung liegt. Die Digitalisierungsstrategie ist eng verbunden mit dem **Strategiedialog Automobilwirtschaft (SDA)** (STM Baden-Württemberg, 2020). Eine mögliche Brücke könnte hier über das Thema synthetische, biobasierte Kraftstoffe geschlagen werden, das eine Rolle im SDA spielt und unter anderem in dem am KIT angesiedelten Forschungsprojekt „reFuels – Kraftstoffe neu denken“ (<https://www.refuels.de/>) bearbeitet wird.

6 Akteurslandschaft in Baden-Württemberg

Die Akteurslandschaft im Kontext Bioökonomie in der **Region Stuttgart** ist in Bezug auf **wissenschaftliche Akteure** vergleichsweise gut bekannt und in einem **Bioökonomie Kompetenzatlas** dargestellt. Informationen in Bezug auf wirtschaftliche Akteure liegen hingegen weniger strukturiert für konzertierte Ansätze vor. Eine der ausführlichsten **Akteursanalysen** entstammt dem Projekt „**Bioökonomie in Baden-Württemberg**“ das am KIT durch das ITAS durchgeführt wurde.

6.1 Forschung und Entwicklung

Ansatzpunkte für die WRS in der Region Stuttgart könnten daher vor allem über Potentiale der **Biologisierung bestehender thematischer Cluster** liegen. Für die Region wird das produzierende Gewerbe weiterhin Grundlage für Wirtschaft und Beschäftigung durch Industrie-Dienstleistungsverbünde sein, so dass es weiterhin zu Investitionen an Produktions- und Entwicklungsstandorten der Region kommen wird (Dispan, 2021). Dies sollte bei weiteren strategischen Überlegungen zur Entwicklung der Bioökonomie entsprechend berücksichtigt werden.

Forschungsseitig ist das **Landesforschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg** mit **Koordinierungsstelle** an der **Universität Hohenheim** hervorzuheben. Dort laufen die Arbeiten der **8 zentralen Hochschulen und Universitäten** zusammen, die in Baden-Württemberg zur Bioökonomie forschen. Die Forschung in Baden-Württemberg fokussiert sich thematisch auf drei Bereiche, die Meyer & Priefer, 2018, folgendermaßen betiteln:

- „Erzeugung und Nutzung von Biogas für energetische Zwecke (kurzfristige Umsetzungsperspektive)
- Lignozellulose-Wertschöpfungsketten auf Basis des Bioraffinerie-Konzepts für die stoffliche Nutzung (mittelfristige Umsetzungsperspektive)
- Mikroalgen für Nahrungs- und Futtermittel (langfristige Umsetzungsperspektive)“.

Die Universität Hohenheim forscht vornehmlich zu **biobasierten Rohstoffen** wohingegen die Universität Stuttgart, den Fokus vor allem auf **Biotechnologien und der Umwandlung von Biomasse** legt. Erweitert man den Radius um Stuttgart, ist ergänzend die Universität Tübingen mit Ihrer Expertise im Bereich Medizin und Gesundheit zu erwähnen.

Darüber hinaus sind zahlreiche **außeruniversitäre Forschungseinrichtungen** aktiv, darunter Institute der Fraunhofer Gesellschaft (IGB, ICT, IPA, etc.), das Max Rubner-Institut (Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel) oder die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

6.2 Transfer und Netzwerke

Als wichtige Einheit zum Transfer und der Kommunikation wurde die **Landesgesellschaft BIOPRO Baden-Württemberg GmbH** gegründet. Als flexible Einheit bündelt Sie Wissen zum Thema Bioökonomie, aber auch Gesundheit, und vernetzt Kompetenzen um die Umsetzung voran zu treiben. Unter anderem führt

Sie Kontaktdatenbanken, in denen sich unter anderem auch folgende relevante **Netzwerke** befinden⁶:

in der Wirtschaftsregion Stuttgart

- BIOPRO Baden-Württemberg GmbH, Stuttgart
- Allianz Faserbasierte Werkstoffe Baden-Württemberg e.V. (AFBW), Stuttgart
- Landesgeschäftsstelle Bioökonomie, Stuttgart
- Plattform Umwelttechnik e.V., Ostfildern
- proHolzBW, Ostfildern

in Baden-Württemberg (ohne Wirtschaftsregion Stuttgart)

- BW ForWerts Graduiertenprogramm, Heidelberg
- Chemie-Verbände Baden-Württemberg, Baden-Baden
- Forst und Holz Allgäu-Oberschwaben, Leutkirch im Allgäu
- INNONET Kunststoff, Horb am Neckar.

Mit einem thematisch verwandten Fokus flankiert zudem die **Landesagentur** für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz Baden-Württemberg „**Umwelttechnik BW**“⁷ die Umsetzung der Bioökonomie in sich überschneidenden Themenbereichen.

6.3 Wirtschaftliche Akteure

Die **Unternehmensdatenbank der BIOPRO**⁸ war zum Zeitpunkt der Recherche in Überarbeitung und konnte nicht analysiert werden. Eine detaillierte Stakeholderanalyse steht demnach noch aus und wird perspektivisch in Teilen durch aktuelle Umfragen des BMWi abgedeckt. Für **Baden-Württemberg** gilt, dass „Akteure der **Lebensmittelkette sowie der Holzwirtschaft**“ am stärksten vertreten sind, wobei ein „Strukturwandel hin zu **größeren Einheiten**“ beobachtet werden kann (Meyer & Priefer, 2018). Während für innovative industrielle Bioökonomieanwendungen zunächst eine steigende Anzahl von Akteuren, z.B., Start-Ups, zu erwarten ist, wird erwartet, dass perspektivisch „bei Erreichen von Marktrelevanz wiederum Konzentrationsprozesse und Übernahmen stattfinden“ (Meyer & Priefer, 2018).

Auf Basis von Gesprächen mit der Universität Hohenheim und der BIOPRO kann folgender Eindruck in Bezug auf die **Akteurslandschaft in Stuttgart** ergänzt werden. Da Stuttgart immer schon ein **Standort für Entrepreneure** war, kann davon ausgegangen werden, dass innovativen Ansätzen und neuen Themen grundsätzlich offen begegnet wird. Die Landschaft ist jedoch heterogen dahingehend, dass es zum einen Akteure gibt, die 100% auf Bioökonomie setzen und vollständig neue Produkte entwickeln, und zum anderen **Traditionsfirmen**, die im Rahmen ihrer Möglichkeiten und Marktposition vorerst Einzelkomponenten bestehender Produkte bioökonomisieren. Viele davon sind in Clustern vereint, die

⁶ <https://www.biooekonomie-bw.de/bw/akteure/netzwerke>

⁷ <https://umwelttechnik-bw.de/de>

⁸ <https://www.biooekonomie-bw.de/bw/akteure/unternehmen>

als initiale Kontaktpunkte genutzt werden könnten, wie der **Cluster Automotive**⁹ oder der **Cluster Produktionstechnik**¹⁰.

⁹ <https://www.automotive-bw.de/de/unternehmen/index.php>

¹⁰ <https://maschinenbau.region-stuttgart.de/>

7 Weiterführende Fragen für den Dialog der WRS

Aus der Informationsgrundlage dieser Studie können für den weiteren Dialog beziehungsweise weitere Aktivitäten im Kontext Bioökonomie in der Region Stuttgart zahlreiche Fragen abgeleitet werden. Im Folgenden wird eine nicht erschöpfende Auswahl von Fragen präsentiert, die von der WRS für den weiteren Dialog aufgenommen werden könnten.

- Welche **langfristige Zielvision** im Hinblick auf den (industriellen) Bioökonomisierungsgrad soll und kann in der Region Stuttgart angestrebt werden?
- Inwieweit passt Bioökonomie in die **Innovationsstrategien der Unternehmen** in der Region?
- Welche **Basistechnologien für biologische Transformation der industriellen Wertschöpfung** sind in der Region bereits vorhanden und bedürfen Förderung? Welche Unterstützungsmöglichkeiten hat die WRS und wie können diese mit vorhandenen Förderangeboten kombiniert werden?
- In welcher Akteurskonstellation könnten **Bioökonomie**-Konzepte im Rahmen von **Reallaboren oder Living Labs** (Liedtke et al, 2015; Erdmann, 2018) erprobt werden?
- Welche Potenziale bieten die **Konzepte Biomimikry & Biointelligenz** den regionalen Ingenieur- oder Informatikdisziplinen und der Kreativwirtschaft für die Gestaltung von **Produkt-Dienstleistungssystemen**?
- Welchen Mehrwert könnte die Erstellung eines **Kompetenzatlas Bioökonomie von Unternehmen** analog zum Kompetenzatlas Ressourceneffizienz bieten (aufbauend auf bestehenden Aktivitäten der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH sowie der Umwelttechnik BW)?
- Welche **Querbezüge der Landesstrategien** in Bezug auf Bioökonomie können synergetisch genutzt und weiter verfolgt werden?
- Wie soll die **Interaktion mit der nationalen Ebene und anderen Regionen** (innerhalb/außerhalb BW) gestaltet werden?

8 Anhang

8.1 Überblick zu den Schlüsseldokumenten

Tabelle 2: Schlüsselstudien System Bioökonomie (I/II). Strategisch konzeptionelle Perspektiven sowie Nachhaltigkeit & Monitoring.

<p>Strategisch konzeptionelle Perspektiven</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EEA – European Environment Agency (2018): The circular economy and the bioeconomy. Partners in sustainability. Online: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/the_circular_economy_and_the_bioeconomy_-_partners_in_sustainabilitythal18009enn.pdf [7.05.2021]. ▪ Ellen MacArthur Foundation (2019): Circular Economy. Infographic. Online: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic [7.05.2021]. ▪ Bioökonomierat (2019): Was ist Bioökonomie? Homepage. Online: https://biooekonomierat.de/biooekonomie/ [07.05.2021]. ▪ BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Bioökonomie in Deutschland Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. 3. Aufl. Berlin.
<p>Nachhaltigkeit sowie nationaler Status Quo und Monitoring</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ WBCSD – World Business Council for Sustainable Development (2020): Circular bioeconomy. The business opportunity contributing to a sustainable world. Online: https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/10806/159810/1 [7.05.2021]. ▪ Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2016): Fortschrittsbericht zur Nationalen Politikstrategie Bioökonomie. Online: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Fortschrittsbericht-Biooekonomie.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [7.05.2021]. ▪ Bringezu, S.; Banse, M.; Ahmann, L.; Bezama, N. A.; Billig, E. et al. (2020): Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie. Hrsg. vom Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel, Kassel. Online: doi:10.17170/kobra-202005131255 [7.05.2021]. ▪ Thünen Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (2021): Project Brief – Systematisches Monitoring der Bioökonomie (MoBi). Online: https://www.thuenen.de/media/publikationen/project_brief/Project_brief_2021_01.pdf [7.05.2021]. ▪ Egenolf, V.; Bringezu, S. (2018): Indikatorensystem zur Bewertung der Nachhaltigkeit der deutschen Bioökonomie. Arbeitspapier, 23.03.2018. Center for Environmental Systems Research (CESR) Universität Kassel. ▪ FNR — Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2020a): Jahresbericht 2019/2020. Gülzow-Prüzen.

Tabelle 3: Schlüsselstudien System Bioökonomie (II/II). Wissenschaftliche Perspektiven und Analysen.

Das System Bioökonomie

- Lewandowski, I. (Hrsg.) (2018): Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy. Springer International Publishing. Online: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8> [7.05.2021].
- Thrän, D. (2020): Einführung in das System Bioökonomie. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- Bugge, M.; Hansen, T.; Klitkou, A. (2016): What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature, Sustainability 8, no. 7: 691. Online: <https://doi.org/10.3390/su8070691> [7.05.2021].
- Kiresiewa, Z.; Hasenheit, M.; Wolff, F.; Möller, M.; Gesang, B. et. al. (2019): Bioökonomiekonzepte und Diskursanalyse. Teilbericht (AP1) des Projekts "Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung". Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.

Sektoren und Kaskaden in der Bioökonomie

- Wackerbauer, J. (2020): Sektoren der Bioökonomie. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- BIOPRO Baden-Württemberg GmbH (2021): Produkte der Bioökonomie. Homepage. Online: <https://www.biooekonomie-bw.de/bw/definition/produkte-der-biooekonomie> [7.05.2021].
- Meyer, R.; Priefer, C. (2018): Bioökonomie in Baden-Württemberg. Systemanalytische Betrachtungen zu den Zielen, Visionen, Wirkungszusammenhängen und Umsetzungsschritten bezogen auf die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen. Endbericht Projektergebnisse. Forschungsprogramm „Bioökonomie Baden-Württemberg“ des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur Baden-Württemberg. Karlsruher Institut für Technologie (KIT): Karlsruhe.

Zukunftsszenarien

- Schaldach, R.; Thrän, D. (2020): Szenarien und Modelle zur Gestaltung einer nachhaltigen Bioökonomie. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- Fritsche, U.; Brunori, G.; Chiamonti, D.; Galanakis, C.; Matthews, R et al. (2021): Future transitions for the Bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-Neutral Economy – Foresight Scenarios for the EU bioeconomy in 2050. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-76-28413-0, Online: <https://doi.org/10.2760/763277> [7.05.2021].
- BEPASO-Konsortium c/o Thünen-Institut (2020): Eine biobasierte Zukunft in Deutschland – Szenarien und gesellschaftliche Herausforderungen. Online: <https://www.thuenen.de/media/institute/ma/Downloads/BEPASO-Broschuere.pdf> [7.05.2021].
- Kimpeler, S.; Schirrmeister, E.; Hüsing, B.; Voglhuber-Slavinsky, A. (2018): Zukunftsbilder aus dem Leben in einer Bioökonomie. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI: Karlsruhe.

Tabelle 4: Schlüsselstudien Marktpotenziale und Good Practice. Potenziale, Herausforderungen und Beispiele bioökonomisierter Anwendungen.

Internationale Einschätzung des World Business Council for Sustainable Development zu Marktpotenzialen

- WBCSD – World Business Council for Sustainable Development (2020): Circular bioeconomy. The business opportunity contributing to a sustainable world. Online: <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/10806/159810/1> [7.05.2021].

Einschätzungen auf nationaler politischer Ebene zu Marktpotenzialen

- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Bioökonomie in Deutschland Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. 3. Aufl. Berlin.
- Zinke, H.; El-Chichakli, B.; Dieckhoff, P.; Wydra, S.; Hüsing, B. (2016): Bioökonomie für die Industrienation. Ausgangslage für biobasierte Innovationen in Deutschland verbessern. Bioökonomierat. Online: https://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/Hintergrundpapier_ISA_Veroeffentlichung_2.pdf [7.05.2021].

Beispiele bioökonomisierter Anwendungen

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2014): Bioökonomie in Deutschland Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. 3. Aufl.
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2020a): Jahresbericht 2019/2020. Gülzow-Prüzen. Online: https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/1127_FNR_Jahresbericht_2019-20_web_korr.pdf [7.05.2021].
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2020b). Forschungsprojekt "BioResinProcess". Gülzow-Prüzen. Online: <https://www.fnr.de/projektfoerderung/ausgewaehlte-projekte/projekte/biobasierte-harze-fuer-die-serielle-verarbeitung-faserverstaerkter-bauteile-bioresinprocess> [7.05.2021].

Tabelle 5: Schlüsselstudien Innovative Ansätze. Biomimikry & Biointelligenz.

Philosophie, wissenschaftliche Konzepte und Anwendungen der Biomimikry

- The Biomimicry Institute (2021): Understanding Biomimicry. Website. Online: <https://biomimicry.org/> [7.05.2021].
- Benyus, J. M. (1997): Biomimicry: innovation inspired by nature. New York: Morrow.
- Stevens, L.; Vries, M.; Bos, M.; Kopnina, H. (2019): Biomimicry Design Education Essentials. Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design. 1. 459-468. Online: <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.49> [7.05.2021].
- Dicks, H. (2016): The Philosophy of Biomimicry. Philos. Technol. 29:223–243. Online: <https://doi.org/10.1007/s13347-015-0210-2> [7.05.2021].
- Mathews, F. (2011). Towards a deeper philosophy of biomimicry (pre-publication version), Organization & Environment, 24(4). Resource Document.
- Lepora, N. F.; Verschure, P.; Prescott, T. J. (2013): The state of the art in biomimetics. Bioinspiration and Biomimetics. Online: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-3182/8/1/013001> [7.05.2021].
- Baumeister, D.; Zari, M. P.; Hayes, S. (2020): Biomimicry. An opportunity for buildings to relate to place. In: Zari, M. P.; Connolly, P.; Southcombe, M: Ecologies Design: Transforming Architecture, Landscape, and Urbanism. London. S.

Studien zu Biointelligenz und der biologischen Transformation der Industrie

- Bauernhansl, T.; Brecher, C.; Drossel, W.-G.; Gumbsch, P.; Hompel et al. (Hrsg.) (2019): Biointelligenz – Eine neue Perspektive für nachhaltige industrielle Wertschöpfung – Ergebnisse der Voruntersuchung zur Biologischen Transformation zur Biologischen Transformation der industriellen Wertschöpfung, BIOTRAIN. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.. Aachen, Dortmund, Dresden, Freiburg, Stuttgart. Online: <http://s.fhg.de/nyD> [15.04.2021].
- Blog Biointelligenz (o. J.). Globale Probleme angehen und Lebensgrundlagen erhalten. Artikel, 30.03.2021. Online: <https://www.biointelligenz.de/> [15.04.2021].
- Fraunhofer Gesellschaft (2018): Stärken, Schwächen, Chancen, Risiken Deutschlands in Bezug auf die Biologische Transformation; Online: <https://vha-dev.iml.fhg.de/biotrain/wp-content/uploads/SWOT-Analyse.pdf> [15.04.2021].
- Fraunhofer Gesellschaft (2018): Identifizierung von Basistechnologien der Biologischen Transformation. Online: <https://vha-dev.iml.fhg.de/biotrain/wp-content/uploads/Technologiebewertung.pdf> [15.04.2021].
- BIOPRO Baden-Württemberg GmbH Fraunhofer ISI (2021): Potenzialanalyse und Roadmapping Biointelligenz für Baden-Württemberg. Online: https://www.biopro.de/download_file/force/20158/73274 [15.04.2021].

Tabelle 6: Schlüsselstudien Politische Strategien. Europa, Deutschland und Baden-Württemberg.

Europa

- European Commission (2018): A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy. Brussels.
- European Commission (2018): A new bioeconomy strategy for a sustainable Europe. Factsheet. Brussels.

Deutschland

- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2020): Nationale Bioökonomie Strategie. Berlin.
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2016): Fortschrittsbericht zur Nationalen Politikstrategie Bioökonomie. Berlin.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Bioökonomie in Deutschland Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. 3. Aufl. Berlin.

Baden-Württemberg

- MLR - Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz & Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (ML BW) (2019): Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg. Stuttgart.
- UM - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (MU BW) (2016): Landesstrategie Ressourceneffizienz. Stuttgart.
- MI - Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg (IM BW) im Auftrag der Landesregierung Baden-Württemberg (2017): Digitalisierungsstrategie. Digital@BW. Stuttgart.
- MW - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (MW BW) (2020): Innovationsstrategie Baden-Württemberg (Fortschreibung 2020). Stuttgart.

Tabelle 7: Akteurslandschaft. Europa, Deutschland und Baden-Württemberg.

<p>Europa</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Szarka, N.; Kittler R. (2020): Bioökonomienetzwerke in Europa. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
<p>Deutschland</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Bioökonomie in Deutschland Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. 3. Aufl. Berlin.
<p>Baden-Württemberg</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ BIOPRO Baden-Württemberg GmbH (2021): Homepage. Online: https://www.biooekonomie-bw.de/bw/definition/produkte-der-biooekonomie [7.05.2021]. ▪ Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2019): Regionaler Cluster-Atlas Baden Württemberg. Überblick über clusterbezogene Netzwerke und Initiativen. Stuttgart. ▪ IHK Stuttgart (o.J.): Homepage. https://www.stuttgart.de/wirtschaft/standort/wirtschaftsstandort/top-branchen.php ▪ Dispan, J.; Koch, A.; König, T. (2019): Strukturbericht Region Stuttgart 2019 Entwicklung von Wirtschaft und Beschäftigung Schwerpunkt: Mobilitätsdienstleistungen in der Region Stuttgart. Stuttgart, Tübingen. ▪ Bioeconomy Research Program Baden-Württemberg (2018): Competence Atlas. Stuttgart. ▪ Weidtmann, A.; Dahmen, N.; Hirth, T.; Rausch, T.; Lewandowski, I. (2020): Bioökonomie in Baden-Württemberg. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021]. ▪ Kompetenznetzwerk Biomimetik (o.J.): Homepage. Online: https://www.kompetenznetz-biomimetik.de [7.05.2021].

8.2 Erweitertes Literaturverzeichnis

- Banse, M.; Zander, K.; Babayan, T.; Bringezu, S.; Dammer, L. et al. (2020): Eine biobasierte Zukunft in Deutschland – Szenarien und gesellschaftliche Herausforderungen. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- Bauernhansl, T.; Brecher, C.; Drossel, W.-G.; Gumbsch, P.; Hompel et al. (Hrsg.) (2019): Biointelligenz – Eine neue Perspektive für nachhaltige industrielle Wertschöpfung – Ergebnisse der Voruntersuchung zur Biologischen Transformation zur Biologischen Transformation der industriellen Wertschöpfung, BIOTRAIN. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.. Aachen, Dortmund, Dresden, Freiburg, Stuttgart. Online: <http://s.fhg.de/nyD> [15.04.2021].
- Baumeister, D.; Zari, M. P.; Hayes, S. (2020): Biomimicry. An opportunity for buildings to relate to place. In: Zari, M. P.; Connolly, P.; Southcombe, M: Ecologies Design: Transforming Architecture, Landscape, and Urbanism. London. S.
- Benyus, J. M. (1997): Biomimicry. Innovation inspired by nature. New York: Morrow.
- Bioeconomy Research Program Baden-Württemberg (2018): Competence Atlas. Stuttgart.
- Bioökonomierat (2016): Biobasierte Stadt. Dossier. Online: <https://biooekonomie.de/themen/dossiers/biobasierte-stadt> [07.05.2021].
- Bioökonomierat (2018): Bioeconomy Policy (Part III). Update Report of National Strategies around the World. A report from the German Bioeconomy Council. Berlin.
- Bioökonomierat (2019): Was ist Bioökonomie? Homepage. Online: <https://biooekonomierat.de/biooekonomie/> [07.05.2021].

- BIOPRO Baden-Württemberg GmbH (2021): Produkte der Bioökonomie. Homepage. Online: <https://www.biooekonomie-bw.de/bw/definition/produkte-der-biooekonomie> [7.05.2021].
- Blog Biointelligenz (o. J.). Globale Probleme angehen und Lebensgrundlagen erhalten. Artikel, 30.03.2021. Online: <https://www.biointelligenz.de/> [15.04.2021].
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2020): Nationale Bioökonomie Strategie. Berlin.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Bioökonomie in Deutschland Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. 3. Aufl. Berlin.
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2016): Fortschrittsbericht zur Nationalen Politikstrategie Bioökonomie. Berlin.
- BMWi (2021): Förderprogramm Industrielle Bioökonomie. Dossier. Online: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/industrielle-biooekonomie.html> [7.05.2021].
- Bringezu, S.; Banse, M.; Ahmann, L.; Bezama, N. A.; Billig, E. et al. (2020): Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie. Hrsg. vom Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel, Kassel. Online: doi:10.17170/kobra-202005131255 [7.05.2021].
- Bugge, M.; Hansen, T.; Klitkou, A. (2016): What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature, Sustainability 8, no. 7: 691. Online: <https://doi.org/10.3390/su8070691> [7.05.2021].
- Dicks, H. (2016): The Philosophy of Biomimicry. Philos. Technol. 29:223–243. Online: <https://doi.org/10.1007/s13347-015-0210-2> [7.05.2021].
- Dispan, J. (2021): Die Region Stuttgart im Umbruch. Transformation der Schlüsselindustrien als Herausforderung für die Regionalwirtschaft, Aus Politik und Zeitgeschichte, ISSN 2194-3621, Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn, Vol. 71, Iss. 5-6, S. 40-46. Online: <https://www.bpb.de/apuz/stuttgart-2021/326252/transformation-der-schlueselindustrien-alsherausforderung-fuer-die-regionalwirtschaft> [7.05.2021].
- Dispan, J.; Koch, A.; König, T. (2019): Strukturbericht Region Stuttgart 2019 Entwicklung von Wirtschaft und Beschäftigung Schwerpunkt: Mobilitätsdienstleistungen in der Region Stuttgart. Stuttgart, Tübingen.
- EEA – European Environment Agency (2018): The circular economy and the bioeconomy. Partners in sustainability. Online: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/the_circular_economy_and_the_bioeconomy_-_partners_in_sustainabilitythal18009enn.pdf [7.05.2021].
- Egenolf, V.; Bringezu, S. (2018): Indikatorensystem zur Bewertung der Nachhaltigkeit der deutschen Bioökonomie. Arbeitspapier, 23.03.2018. Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel.
- Ellen MacArthur Foundation (2019): Circular Economy. Infographic. Online: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic> [7.05.2021].
- Erdmann, L., Geibler, J.v., Dönitz, E., Stadler, K., Zern, R. (2018): Roadmap Living Labs für eine Green Economy 2030. Fraunhofer ISI und Wuppertal Institut.
- European Commission (2018a): A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy. Brussels. Online: https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf#view=fit&pagemode=none [7.05.2021].
- European Commission (2018b): A new bioeconomy strategy for a sustainable Europe. Factsheet. Brussels.

- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2020a): Jahresbericht 2019/2020. Gülzow-Prüzen. Online: https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/1127_FNR_Jahresbericht_2019-20_web_korr.pdf [7.05.2021].
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2020b). Forschungsprojekt "BioResinProcess". Gülzow-Prüzen. Online: <https://www.fnr.de/projektfoerderung/ausgewaehlte-projekte/projekte/biobasierte-harze-fuer-die-serielle-verarbeitung-faserverstaerkter-bauteile-bioresinprocess> [7.05.2021].
- Fritsche, U.; Brunori, G.; Chiaramonti, D.; Galanakis, C.; Matthews, R et al. (2021): Future transitions for the Bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-Neutral Economy – Foresight Scenarios for the EU bioeconomy in 2050. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-76-28413-0, Online: <https://doi.org/10.2760/763277> [7.05.2021].
- Geibler, J. v. & Stelzer, F. (2020): Reallabore als umweltbezogenes Politikinstrument: Wuppertal Report Nr. 19, Wuppertal Institut.
- Kimpeler, S.; Schirrmeister, E.; Hüsing, B.; Voglhuber-Slavinsky, A. (2018): Zukunftsbilder aus dem Leben in einer Bioökonomie. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI: Karlsruhe.
- Kirchgeorg, M. (2020): Cluster, Netzwerk, Plattform: Organisationsformen der Bioökonomie. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- Kiresiewa, Z.; Hasenheit, M.; Wolff, F.; Möller, M.; Gesang, B. et. al. (2019): Bioökonomiekonzepte und Diskursanalyse. Teilbericht (AP1) des Projekts "Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung". Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.
- Lepora, N. F.; Verschure, P.; Prescott, T. J. (2013): The state of the art in biomimetics. Bioinspiration and Biomimetics. Online: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-3182/8/1/013001> [7.05.2021].
- Lewandowski, I. (Hrsg.) (2018): Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy. Springer International Publishing. Online: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8> [7.05.2021].
- Liedtke, C., Baedeker, C., Hasselkuß, M., Rohn, H., & Grinewitschus, V. (2015): User-integrated innovation in Sustainable Living Labs: An experimental infrastructure for researching and developing sustainable product service systems. Journal of Cleaner Production, 97, 106-116.
- Mathews, F. (2011): Towards a deeper philosophy of biomimicry (pre-publication version), Organization & Environment, 24(4). Resource Document.
- Meyer, R.; Priefer, C. (2018): Bioökonomie in Baden-Württemberg. Systemanalytische Betrachtungen zu den Zielen, Visionen, Wirkungszusammenhängen und Umsetzungs-schritten bezogen auf die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen. Endbericht Projektergebnisse. Forschungsprogramm „Bioökonomie Baden-Württemberg“ des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur Baden-Württemberg. Karlsruher Institut für Technologie (KIT): Karlsruhe.
- MI – Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg im Auftrag der Landesregierung Baden-Württemberg (2017): Digitalisierungsstrategie. Digital@BW. Stuttgart.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz & Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2016): LANDESSTRATEGIE RESSOURCENEFFIZIENZ BADEN-WÜRTTEMBERG. Stuttgart.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz & Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2019): LANDESSTRATEGIE NACHHALTIGE BIOÖKONOMIE BADEN-WÜRTTEMBERG. Stuttgart.

- MW – Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2019): Regionaler Cluster-Atlas Baden-Württemberg. Überblick über clusterbezogene Netzwerke und Initiativen. Stuttgart.
- MW – Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2020): Innovationsstrategie Baden-Württemberg (Fortschreibung 2020). Stuttgart.
- Schaldach, R.; Thrän, D. (2020): Szenarien und Modelle zur Gestaltung einer nachhaltigen Bioökonomie. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- Schäpke, N., Stelzer, F., Caniglia, G., Bergmann, M., Wanner, M., Singer- Brodowski, M. & Lang, D. J. (2018): Jointly experimenting for transformation? Shaping real-world laboratories by comparing them. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 27(1), 85-96.
- Schneidewind, U., & Scheck, H. (2013): Die Stadt als "Reallabor" für Systeminnovationen. In: J. Rückert-John (Ed.), *Soziale Innovation und Nachhaltigkeit*, 229-248.
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S. E.; Fetzer, I. et al. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* (New York, N.Y.), 347(6223). Online: <https://doi.org/10.1126/science.1259855> [7.05.2021].
- Steffen, W.; Rockström, J.; Richardson, K.; Lenton, T.; Folke, C. et al. (2018): Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 115. 201810141. Online: <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115> [7.05.2021].
- Stevens, L.; Vries, M.; Bos, M.; Kopnina, H. (2019): Biomimicry Design Education Essentials. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*. 1. 459-468. Online: <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.49> [7.05.2021].
- STM – Staatsministerium Baden-Württemberg (2020): Dritter Fortschrittsbericht Strategiedialog Automobilwirtschaft BW. Online: https://stm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/SDA_BW/200917_SDA_Fortschritt_sbericht_2020_RZ_web.pdf [7.05.2021].
- Szarka, N.; Kittler R. (2020): Bioökonomienetzwerke in Europa. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- The Biomimicry Institute (2021): Understanding Biomimicry. Website. Online: <https://biomimicry.org/> [7.05.2021].
- Thrän, D. (2020): Einführung in das System Bioökonomie. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- Wackerbauer, J. (2020): Sektoren der Bioökonomie. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- WBCSD – World Business Council for Sustainable Development (2020): Circular bioeconomy. The business opportunity contributing to a sustainable world. Online: <https://www.wbcd.org/contentwbc/download/10806/159810/1> [7.05.2021].
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011): Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin.
- Weidtmann, A.; Dahmen, N.; Hirth, T.; Rausch, T.; Lewandowski, I. (2020): Bioökonomie in Baden-Württemberg. In: Thrän; Moesenfechtel (Hrsg.), Das System Bioökonomie. 1. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_2 [7.05.2021].
- Zinke, H.; El-Chichakli, B.; Dieckhoff, P.; Wydra, S.; Hüsing, B. (2016): Bioökonomie für die Industrienation. Ausgangslage für biobasierte Innovationen in Deutschland verbessern. Bioökonomierat. Online: https://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/Hintergrundpapier_ISA_Vero__ffentlichung_2.pdf [7.05.2021].